

軸方向鉄筋の強度が曲げ破壊型 RC 橋脚の破壊特性に及ぼす影響に関する一考察

(独) 土木研究所 正会員 ○小森 暢行

(独) 土木研究所 正会員 堺 淳一

(独) 土木研究所 正会員 星隈 順一

1. はじめに

道路橋示方書Ⅴ耐震設計編（以下、道示）では、SD390 や SD490、あるいはそれ以上の高強度鉄筋を用いた RC 橋脚について、その地震時挙動と地震時抵抗特性（耐荷力特性、変形能、エネルギー吸収能及び最終破壊特性）が十分に解明されていないことから、SD345 より大きい強度を有する鉄筋の使用については、道示の適用範囲外とされている。しかし近年、高橋脚等に対して過密配筋の改善の視点から、軸方向鉄筋に高強度鉄筋を使用する事例も増えつつあり、高強度鉄筋を軸方向鉄筋として用いた場合の耐震設計における限界状態の設定法及びその限界状態を定量的に評価する手法の確立が求められている。このような背景から軸方向鉄筋に SD490 を用いた正負交番載荷実験の結果も報告されてきており、その地震時挙動に関する知見も蓄積されつつある¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。本研究では、軸方向鉄筋に SD490 を用いた実験結果と SD295 や SD345 などの従来強度の鉄筋を用いた実験結果の比較を通じて、軸方向鉄筋の強度が RC 橋脚の地震時抵抗特性に及ぼす影響について検討するとともに、SD490 を用いた RC 橋脚の耐震設計における限界状態の設定法及びその評価法について考察した。

2. 実験概要

表-1 に検討対象とした柱基部で曲げ破壊した RC 橋脚模型 34 供試体の諸元を示す。対象供試体のうち No. 17～28 は、軸方向鉄筋として SD490 を使用した供試体である。軸方向鉄筋に SD295 が用いられた供試体では、現行の基準による場合の標準的な配筋に比べ横拘束筋体積比が低めに設定された供試体が多い。一方、SD490 を使用した供試体は、横拘束筋体積比が全て 1%以上と高い値となっている。なお、繰返し回数の影響を除くため全て一定振幅における繰返し載荷回数が 3 回の実験のみを対象としている。

3. 軸方向鉄筋の強度が曲げ破壊型 RC 橋脚の破壊特性に及ぼす影響

図-1 (a) に軸方向鉄筋が SD295 である供試体 No. 1 の水平力－水平変位関係を示す。軸方向鉄筋に SD295 を使用した供試体として、供試体 No. 1 を例として示したが、従来強度の鉄筋を用いた他の供試体も同様の曲げ破壊型の地震時挙動となっている。

これらの供試体では、載荷が進むにつれて曲げびび割れが進展し、かぶりコンクリートの剥離、剥落が生じ、軸方向鉄筋がはらみ出すといった順序で損傷が進展する。さらに載荷を続けると軸方向鉄筋が破断し、コアコンクリートが損壊する。水平耐力は、軸方向鉄筋がはらみ出す損傷レベルになると顕著な低下が見られ、鉄筋が破断するとさらに低下する。図-1 (b) に軸方向鉄筋が SD490 である供試体 No. 23 の水平力－水平変位関係を示す。SD490 を使用した供試体では、軸方向鉄筋の破断本数は多いものの、軸方向鉄筋が破断する前までの損傷の進展の仕方は、従来強度鉄筋を使用した供試体と同じ傾向であり、また RC 橋脚の水平耐力

表-1 対象供試体

No.	軸方向鉄筋の種類	形状	幅×高さ (mm)	せん断 支間比	軸方向鉄筋		横拘束筋		軸応力 (N/mm ²)
					径	鉄筋比 (%)	径	体積比 (%)	
1	SD295	矩形	600*600	5.02	D10	0.95	D6	0.32	1.00
2	SD295	矩形	600*600	5.02	D13	0.99	D6	0.32	1.00
3	SD295	矩形	600*600	5.02	D13	0.99	D6	0.16	1.00
4	SD295	矩形	600*600	3.00	D10	0.95	D6	0.32	1.00
5	SD295	矩形	1200*1200	4.00	D13	0.77	D6	0.09	1.00
6	SD295	矩形	1200*1200	4.00	D13	0.77	D10	1.01	1.00
7	SD295	矩形	1200*1200	4.00	D16	1.21	D10	1.01	1.00
8	SD295	矩形	1200*1200	4.00	D19	1.75	D10	1.00	1.00
9	SD345	矩形	2400*2400	4.00	D35	1.20	D19	0.17	0.00
10	SD345	矩形	2400*2400	4.00	D35	1.20	D19	0.89	0.00
11	SD295	矩形	600*600	4.00	D10	1.19	D6	1.01	0.00
12	SD295	矩形	900*600	5.02	D10	0.95	D6	0.62	1.00
13	SD295	矩形	500*500	5.40	D13	2.03	D9	0.24	0.00
14	SD295	矩形	500*500	3.80	D13	2.03	D9	0.24	0.00
15	SD295	矩形	400*400	3.50	D13	1.58	D6	0.57	1.02
16	SD345	矩形	600*600	5.00	D13	1.83	D6	1.22	1.00
17	SD490	矩形	700*513	5.76	D10	1.67	D6	1.49	1.23
18	SD490	矩形	700*513	5.76	D10	0.80	D6	1.33	1.23
19	SD490	矩形	700*513	5.76	D10	2.46	D6	1.49	1.23
20	SD490	矩形	600*600	5.00	D13	2.00	D6	1.20	1.00
21	SD490	矩形	600*600	5.00	D13	1.10	D6	1.20	1.00
22	SD490	矩形	600*600	5.00	D13	2.00	D6	1.60	1.00
23	SD490	矩形	600*600	5.00	D13	2.00	D6	1.20	2.50
24	SD490	矩形	700*513	5.76	D10	1.79	D6	1.82	1.22
25	SD490	矩形	600*600	5.33	D16	3.09	D13	1.75	3.00
26	SD490	矩形	600*600	5.33	D16	3.09	D13	1.75	3.00
27	SD490	矩形	600*600	5.33	D16	3.09	D10	1.18	3.00
28	SD490	矩形	600*600	5.00	D13	1.13	D6	1.22	2.50
29	SD295	円形	600	5.02	D10	1.01	D6	0.32	1.00
30	SD295	円形	600	5.02	D13	0.99	D6	0.32	1.00
31	SD295	円形	1000*600	5.02	D10	1.03	D6	0.37	1.00
32	SD295	円形	600	5.00	D10	1.01	D6(S)	0.33	1.00
33	SD295	円形	400	4.14	D16	1.89	D6	0.26	1.47
34	SD295	円形	400	4.14	D16	1.89	D6	0.13	1.47

キーワード 高強度鉄筋，軸方向鉄筋，SD490，地震時挙動，終局変位

連絡先 〒305-8516 つくば市南原 1-6 （独）土木研究所 構造物メンテナンス研究センター T E L 029-879-6773

の低下の特性も同様である。したがって、軸方向鉄筋の強度をSD490とした場合においても破壊特性は従来強度の鉄筋を用いた場合と顕著な違いはないものと考えられる。図-1には道示に規定される手法により求めたP- δ 関係も示しているが、この終局変位はSD490の場合には実験値よりも小さめに推定する傾向があるものの概ね軸方向鉄筋のはらみ出し時の変位を推定していることが分かる。

4. 軸方向鉄筋の強度の違いと終局変位の推定精度

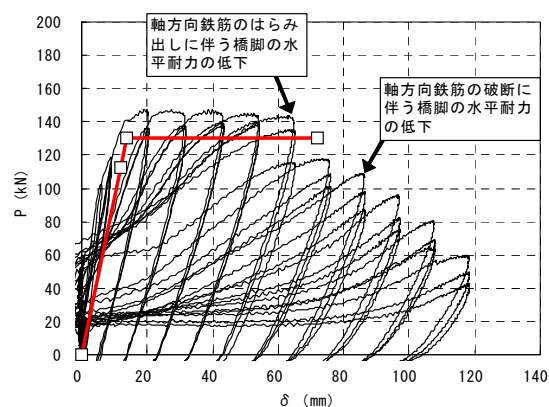
道示により評価される終局変位は、水平耐力が低下し始める点とされ、かぶりコンクリートが剥落し、軸方向鉄筋がはらみ出す程度の損傷に概ね相当している。そこでここでは、表-1の供試体に対する各々の実験において軸方向鉄筋のはらみ出しが生じた载荷サイクルの最大変位と道示による終局変位とを比較することにより、その推定精度を検討した。図-2は軸方向鉄筋が従来強度の場合とSD490の場合において、実験時の終局変位と道示による手法により求めた終局変位との関係を示したものである。ここで、実験値としては载荷点位置での水平変位の値(生データ)と実験値から軸方向鉄筋のフーチングからの伸び出しによる水平変位相当分を差し引いた値(補正あり)の2つを示している。従来強度の鉄筋を用いた供試体に比べ、SD490を用いた供試体の変動係数は大きく推定精度が低く、道示により求めた終局変位は実験値より小さくなる傾向がある。一方、軸方向鉄筋比が0.8%と低い供試体 No. 18 では、計算値が実験値を上回る結果となっている。このようにSD490を用いて軸方向鉄筋比を小さくしたRC橋脚では、道示の規定による手法では終局変位を大きめに評価する可能性がある。

5. まとめ

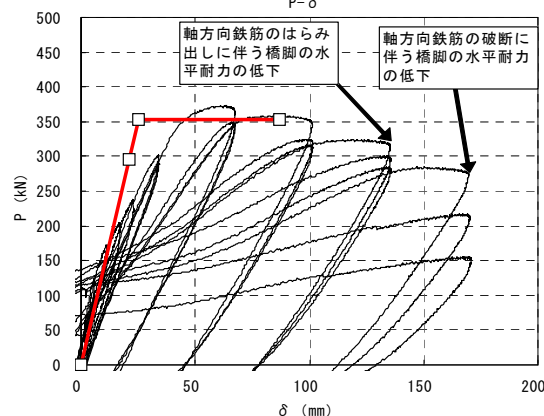
本研究では、軸方向鉄筋にSD490を用いた曲げ破壊型RC橋脚の破壊形態および道示を適用した場合の限界状態の推定精度に関する考察を行った。軸方向鉄筋にSD490を用いた供試体の破壊進展の形態は従来強度の鉄筋を用いた場合と同様であるが、仮に道示を適用して終局変位を算定すると、SD490を使用した供試体の変形能は実験結果よりも低く評価される傾向がある。ただし、終局変位の推定精度という観点からはばらつきが大きい。そのため、軸方向鉄筋にSD490を用いたRC橋脚にも精度よく適用できる限界状態の評価手法の構築が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所：平成21年度高強度鉄筋コンクリートの適用性に関する実験検討業務，2010.2
- 2) 仲谷邦博，上田喜史，木村祐司，山脇正史：高強度鉄筋SD490を使用した七色高架橋の計画と設計（下），橋梁と基礎，vol.33，No.12，pp.41-49，1999.12
- 3) 北村岳伸，玉越隆史，藤田知高：高強度鉄筋コンクリートの適用性に関する研究，第13回地震時保有水平耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計法に関するシンポジウム講演論文集，pp.145-148，2010.2
- 4) 浅井洋，春日昭夫，飯田字朗，梅原秀哲：SD490鉄筋を軸方向鉄筋に用いたRC橋脚の実用化に関する研究，土木学会論文集，760号，pp.91-108，2004.5
- 5) 村田裕志，渡辺典男，水谷正樹，小尾博俊，福浦尚之：SD490を用いた高鉄筋比のRC橋脚の耐震性能に関する実験的研究，構造工学論文集 Vol.56A，pp.928-937，2010.3

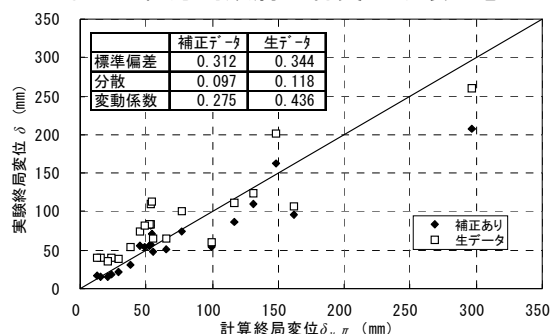


(a) SD295 (供試体 No. 1)

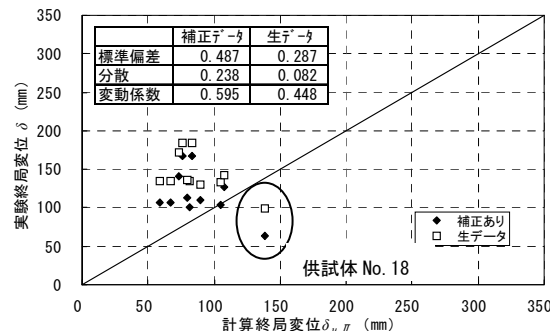


(b) SD490 (供試体 No. 23)

図-1 軸方向鉄筋の材質と破壊形態



(a) SD295, SD345



(b) SD490

図-2 計算および実験終局変位